

# 공간분석기법에 의한 강우분석에 관한 연구

## Rainfall Analysis using Spatial Data Analysis Technique

이준학\*, 정영훈\*\*, 오경두\*\*\*, 허준행\*\*\*\*

Joon-Hak Lee, Younghun Jung, Kyoung-Doo Oh, Jun-Haeng Heo

### 요 지

지상에 설치된 우량관측소를 통해서 자료가 수집되는 강우자료는 공간적으로 분포하고 있는 공간자료(spatial data)이며, 지점자료(point data)이다. 공간자료(spatial data)는 공간적으로 분포되지 않는 일반 데이터와는 다른 속성을 가지고 있으며 공간적인 위치가 데이터 발생의 중요한 변수로 적용될 수 있고, 인접 데이터와의 상관관계가 고려되어야 한다. 본 연구는 공간분석기법을 이용하여 보다 효과적인 강우분석을 하기 위한 것으로서, 우리나라 총 679개 우량관측소의 2008년 강우자료를 바탕으로 티센(Thiessen) 기법, IDW(Inverse Distance Weighted), 스플라인(Spline) 등과 공간통계학적 방법인 크리깅(Kriging)을 이용하여 주요 유역별 면적 강우량 산정 및 미계측 지역의 강우량 추정을 모의하였다. 본 연구결과 유역별 면적강우량 추정시 티센 및 경향면 분석법, Natural Neighbor 방법은 일부 과다 추정되는 것으로 나타났고, IDW, RBF, 크리깅의 방법은 큰 차이를 보이지 않았으나, 미계측 지역의 강우량 추정에는 일반크리깅의 정확도가 비교적 높은 것으로 나타났다.

**핵심용어** : 강우분석, 공간분석기법, 크리깅, 공간통계학

## 1. 서 론

지상에 설치된 우량관측소를 통해서 자료가 수집되는 강우자료는 공간적으로 분포하고 있는 공간자료(spatial data)이며, 지점자료(point data)이다. 공간자료(spatial data)는 공간적으로 분포되지 않는 일반 데이터와는 다른 속성을 가지고 있으며 공간적인 위치가 데이터 발생의 중요한 변수로 적용될 수 있고, 인접 데이터와의 상관관계가 고려되어야 한다. 일반통계학에서는 데이터 발생에 있어서 사상(event)의 독립성(independence)과 임의성(randomness)을 기본 가정으로 하지만, 우량관측소에서 측정되는 개별 강우사상은 인접 지역과 독립적이지 않으며, 임의적이지 않다. 불확실한 지반 밑의 광물을 찾기 위하여 광산업에서 유래된 공간통계학(spatial statistics, geostatistics)은 GIS와 통계 분석기법을 결합한 것으로서, 특정 지점에서 측정한 데이터를 통하여 미관측 지점의 값을 예측하는 방법으로 널리 사용되고 있다. 이것은 공간상의 모든 지점에 존재하고 있지만, 데이터를 얻을 수 있는 관측지점의 수가 제한되어 있어 한정된 지점자료를 바탕으로 지역의 특성을 판단해야하는 대부분의 경우에 적용될 수 있다.

\* 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목공학 박사과정 · E-mail : [cetera@yonsei.ac.kr](mailto:cetera@yonsei.ac.kr)

\*\* 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목공학 박사과정 · E-mail : [yhjung2000@yonsei.ac.kr](mailto:yhjung2000@yonsei.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · 육군사관학교 건설환경학과 교수 · E-mail : [okd0629@kma.ac.kr](mailto:okd0629@kma.ac.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목환경공학과 교수 · E-mail : [jheo@yonsei.ac.kr](mailto:jheo@yonsei.ac.kr)

## 2. 공간분석 기법을 적용한 강우분석

공간보간기법(Spatial Interpolation)은 크게 전역적(global) 방법과 지역적(local) 방법, 정확(exact) 방법과 비정확(inexact) 방법, 통계적(stochastic) 방법과 결정론적(deterministic) 방법, 급변적(abrupt), 방법과 완변적(smooth) 방법으로 구분할 수 있다. 결정론적 방법에 대표적인 것으로는 IDW, 스플라인(Spline) 등이 있으며, 통계적인 방법으로는 크리깅(Kriging)이 있다. 공간통계학을 고려한 공간보간기법을 강우분석에 적용한 국내 연구는 표 1과 같다.

표 1. 공간분석기법을 적용한 강우분석 연구

구 분	관측소	강우자료	적용방법
이규성(1995)	63개 지점	3개월 평균강우량	IDW, 크리깅
조홍래 등(2006)	373개 지점	2004년 연강우량	IDW, Spline, 크리깅
박노욱 등(2008)	19개 지점(제주)	2005년 월강우량	크리깅
박종철 등(2009)	19개 지점(제주)	5개년 월강우량	크리깅

이규성(1995)은 우리나라 63개 우량 관측소의 3개월 평균 강우량을 바탕으로 공간분석 기법을 적용한 바 있으며, 조홍래 등(2006)은 우리나라 기상청에서 운용하는 총 373개의 강우관측소의 2004년 연 총강우량을 대상으로 공간보간 기법을 적용한 결과, 결정론적 보간기법인 IDW(Inverse Distance Weighted), 스플라인(Spline) 등의 방법보다 공간통계학적 보간기법인 크리깅(Kriging)이 우수하며 특히 이론적 베리오그램 (variogram)으로 가우시안 함수(Gaussien)를 사용한 일반크리깅 (universal kriging)이 가장 높은 정확성을 보였다고 발표한 바 있다. 박노욱 등(2008)은 제주도내 19개 관측지점의 2005년 월강우량을 이용하여 정규 크리깅과 강수량-고도를 변수로 공동크리깅(Co-kriging)을 비교 분석하였으며, 박종규 등(2009)은 제주도내 19개 관측지점의 5년간의 강우자료를 이용하여, 강수량-지형고도-지형 사면방향을 변수로 하는 공동크리깅의 적용 가능성을 평가한 바 있다. 본 연구는 공간분석기법을 이용하여 보다 효과적인 강우분석을 하기 위한 것으로서, 우리나라 도서지역을 제외한 679개 지점의 2008년 연강우량을 바탕으로 ArcGIS 9.2의 공간분석 기법을 적용하여 미계측 지점의 강우량 추정을 모의하였으며, 유역별 총 19개 지점의 강우자료와 비교하여 각 공간보간 기법의 적용성을 비교 분석하였다. 강우자료는 한국수문조사연보 2008(국토해양부, 2009)를 활용하였다. 표 2는 모의에 사용한 679개 우량관측소 현황을 나타낸 것이다. 그림 1과 2는 티센망 구성 및 크리깅에 의한 공간보간의 예를 든 것이다.

표 2. 모의에 사용한 우량관측소 현황

구 분	계	TM	자기
계	679	594	85
기 상 청	71	.	71
국 토 해 양 부	429	419	10
한국수자원공사	163	163	.
한국농어촌공사	9	5	4
한국수력원자력	7	7	.

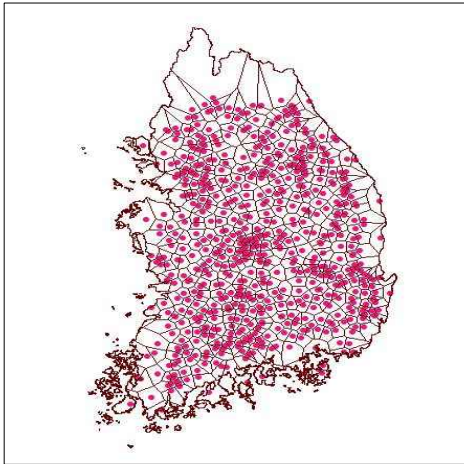


그림 1. 티센망 구성

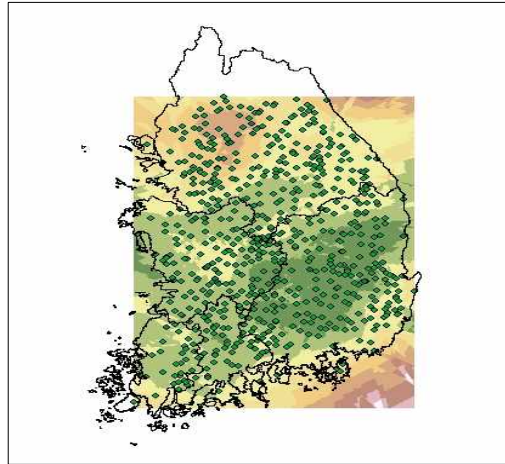


그림 2. 크리깅에 의한 공간보간

### 3. 모의방법 및 결과

본 연구에서는 연구수행을 위해 679개 우량관측소의 위치와 2008년도 연 강우량 데이터를 구축하고, 유역별로 검증할 19개 관측지점을 별도로 선정하였다. 그리고 660개 우량관측소의 강우자료를 바탕으로 티센법(Thiessen), Natural Neighbor, 경향면 분석법(Trend Surface Analysis), IDW(Inverse Distance Weighted), RBF(Radial Basis Function), 정규크리깅(ordinary kriging), 일반크리깅(universal kriging) 방법을 활용하여 각각 공간보간을 실시한 후 정확성 검증을 위해 모의에 사용하지 않은 19개 관측지점에 발생한 강우자료를 실제 강우데이터와 비교하였다. Grid의 격자크기는 500m를 기준으로 하였으며, 데이터를 비교하여 분석한 최대 및 최소오차, 평균오차 및 표준편차는 표 3과 같다.

표 3. 미세측 지역의 강우량 추정결과

구 분	모의조건		오차(mm)			표준편차
			최대	최소	평균	
Thiessen			218.00	-101.50	46.49	88.89
Trend Surface Analysis	linear		395.00	-256.50	60.61	169.43
Natural Neighbor			171.00	-158.50	19.94	89.15
IDW	power : 2, point : 12		177.00	-160.50	29.55	88.47
RBF	regularized spline	weight : 0.1	409.00	-211.50	96.38	144.21
	tension spline	point : 12	220.00	-175.50	43.33	95.20
Ordinary Kriging	spherical	point : 12	168.00	-166.50	24.94	84.75
	circular		168.00	-167.50	25.33	84.48
	exponential		168.00	-166.50	25.16	84.71
	Gaussien		201.00	-183.50	40.11	84.11
	linear		173.00	-170.50	27.77	83.54
Universal Kriging	linear with drift linear		181.00	-160.50	24.83	80.58

표 3에서 알 수 있듯이 미계측 지역의 강우량 추정은 모의기법에 따라 차이가 많이 났으며 이중 일반크리깅(universal kriging)이 모의 방법 중에 비교적 평균오차 및 표준편차가 적은 것으로 나타났다. 표 4는 공간분석 기법으로 산정한 낙동강, 금강, 섬진강, 영산강의 유역별 면적 강우량을 나타낸 것이다. 한강유역은 철책선 이북의 우량관측소 제한으로 제외하였다.

표 4. 유역별 면적 강우량 산정결과 (단위: mm)

구 분	모의조건	낙동강	금강	섬진강	영산강
		226개소	126개소	48개소	31개소
Thiessen		827.0	871.0	888.0	945.0
Trend Surface Analysis	linear	830.1	970.5	810.5	846.7
Natural Neighbor		820.1	875.6	879.9	931.1
IDW	power : 2, point : 12	816.5	871.9	863.0	908.5
RBF	regularized spline weight : 0.1	814.4	876.2	869.7	907.6
	tension spline point : 12	817.9	870.2	866.6	910.7
Ordinary Kriging	spherical	818.1	871.6	868.4	912.6
	circular	818.1	871.7	868.3	912.4
	exponential	818.0	871.6	868.3	912.4
	Gaussien	817.7	874.8	866.0	908.7
	linear	818.0	872.2	868.0	911.6
Universal Kriging	linear with drift linear	824.1	871.4	872.8	914.1

표 4에서 알 수 있듯이 유역별 면적 강우량 산정은 공간보간 기법에 따라 최대 100mm 차이가 났으며, 티센 및 경향면 분석법, Natural Neighbor 방법은 금강과 영산강 유역의 경우 일부 과다 추정됨을 알 수 있었다. 그러나 본 연구에서 IDW, RBF, 크리깅에 의한 유역별 면적 강우량 산정값은 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났는데, 이것은 우량관측소의 밀도가 높고(평균 149.9km<sup>2</sup>당 1개소) 관측소가 일부 지역에 군집되어 있지 않고 랜덤하게 분포하여 지점의 대표값을 가짐으로써 큰 차이가 발생하지 않은 것으로 사료된다. 우량관측소 지점의 최근린 분석을 해본 결과, 평균 근린값은 6,559.08m 였으며, 기대 평균 근린값은 6,421.45m 로 나타났다. 최근린통계치 R은 1.0214, Z값은 1.0542로서 유의수준 0.05에서의 기각역( $Z > 1.96$  또는  $Z < -1.96$ )을 고려시 관측소가 각 지역에 랜덤하게 분포되어 있음을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구는 공간분석기법을 이용하여 보다 효과적인 강우분석을 하기 위한 것으로서, 우리나라 총 679개 우량관측소의 2008년 연강우자료를 바탕으로 티센법(Thiessen), Natural Neighbor, 경향면 분석법(Trend Surface Analysis), IDW(Inverse Distance Weighted), RBF(Radial Basis Function), 정규크리깅(ordinary kriging), 일반크리깅(universal kriging)의 공간분석기법을 적용

하여 미계측 지역의 강우량 추정 및 주요 유역별 면적 강우량 산정을 모의하고, 그 적용성을 검토하였다. 본 연구에서 유역별 면적강우량 추정시 티센 및 경향면 분석법, Natural Neighbor 방법은 일부 과다 추정되는 경향이 있으나, IDW, RBF, 크리깅의 방법은 큰 차이를 보이지 않았고, 미계측 지역의 강우량 추정에는 일반크리깅의 정확도가 비교적 높은 것으로 나타났다. 본 연구는 2008년 연강우자료만을 이용하여 분석하였는데, 향후 격자크기 및 관측소 밀도에 따른 월별, 연도별 강우자료의 활용을 통한 추가적인 검증이 필요할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원 (과제번호:1-6-3)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 박노옥(2009), 수치표고모델과 다변량 크리깅을 이용한 기온 및 강수분포도 작성, 대한 지리학회지, 제43권 제6호, pp. 1002-1015
2. 박종철, 김만규(2009), 공동 크리깅을 이용한 강수 분포도 작성에서 지형 사면방향 변수 사용에 대한 연구: 제주도를 사례지역으로, 대한지형학회지, 제16권 제3호, pp. 59-66
3. 이규성(1995), 점 관측 환경인자의 공간추정 - 남한 지역의 강우 산도 분포도 작성, 한국 원격탐사학회지, 제11권, 제3호, pp. 33-47
4. 조홍래, 정종철(2006), 강우자료에 대한 공간보간 기법의 적용, 한국 GIS학회지, 제14권 제1호, pp. 29-41.